

Onderzoeksrapport nr. 8214

EEN ALGORITME VOOR HET OMZETTEN VAN DE  
DECISION GRID CHART IN EEN  
GEEKSPANDEERDE BESLISSINGSTABEL

door

J. VANTHIENEN

Wettelijk Depot : D/1982/2376/19.

Katholieke Universiteit Leuven, Departement voor Toegepaste Economische  
Wetenschappen.

## INHOUD

### 0. INLEIDING

### 1. BEPALING VAN HET PROBLEEM

### 2. OPLOSSINGSMETHODE

2.1. Opstelling van de lege beslissingstabel

2.2. Invullen van de akties

### 3. BESCHRIJVING VAN HET ALGORITME

3.1. Structuur van het algoritme

3.2. Beschrijving van de variabelen

3.3. Opstelling van de lege tabel

3.4. Invullen van de akties

### 4. UITGEWERKT VOORBEELD

## BIBLIOGRAFIE

## 0. INLEIDING

In het PRODEMO (PROcedural DEcision MODELing) systeem voor het opstellen en manipuleren van beslissingstabellen worden beslissingstabellen geconstrueerd aan de hand van logische relaties tussen kondities en akties, waarbij de beslissingsspecificaties aktiegericht worden opgenomen in de zogenaamde decision grid chart. De beslissingstabel daarentegen is essentieel konditiegericht. In dit artikel wordt daarom getracht een beschrijving te geven van het algoritme dat de decision grid chart omzet in een geëkspandeerde beslissingstabel.

Wij zijn hierbij veel dank verschuldigd aan Prof. Dr. R. Maes, die een eerdere versie van dit algoritme construeerde voor het PRODEMO-systeem en nuttige suggesties deed voor het verhogen van de efficiëntie daarvan. Tevens wensen wij Prof. Dr. M. Verhelst te danken voor zijn stimulerende commentaar bij een eerste versie van de tekst. Wij willen tenslotte niet nalaten P. Clement en W. Stroobants te vermelden voor hun bereidwillige medewerking.

## 1. BEPALING VAN HET PROBLEEM

Het PRODEMO systeem (MAES, VANTHIENEN, 1981 [2]) is een interaktief computerprogramma voor het opstellen en manipuleren van beslissingstabellen. Beslissingstabellen geven relaties weer tussen een aantal kondities en een aantal akties. Bij het opstellen van beslissingstabellen of het omzetten van procedures naar beslissingstabellen moet de logica van het probleem dus worden vertaald in computer-verstaanbare termen, zgn. beslissingsregels. Eens deze vastgelegd kan ook de verdere opstelling van de tabel volledig automatisch gebeuren.

De omzetting van de beslissingsregels in de uiteindelijke beslissingstabel verloopt in een aantal onderscheiden fasen :

1. De procedure wordt door de gebruiker-ontwerper gestructureerd in een aantal logische uitdrukkingen die door hun eenduidige syntax door het programma kunnen geïnterpreteerd worden.
2. Deze logische uitdrukkingen worden mathematisch genoteerd in de 'decision grid chart', die een aktiegerichte beslissingstabel is met niet-exclusieve kolommen.
3. Bij opstelling van de tabel wordt eerst een lege geëxpandeerde tabel gekonstrueerd. De akties die volgens de decision grid chart overeenkomen met bepaalde konditiekombinaties, worden in de lege tabel ingevuld.
4. Vervolgens wordt de geëxpandeerde beslissingstabel samengetrokken om het aantal kolommen te minimaliseren en aldus de overzichtelijkheid en de bruikbaarheid van de tabel te verhogen.
5. Tenslotte wordt de tabel, die in matrix-vorm in het computergeheugen werd gemanipuleerd, volgens het normale formaat afgedrukt door inpassing van de namen van kondities, toestanden en akties.

Voor het belang en de noodzaak van de logische uitdrukkingen (fase 1) verwijzen wij naar (VERHELST [ 5 ] ), waar de beslissingsregels uitvoerig worden beschreven als tussenstap bij de formalisatie van procedures. Omzetting van de beslissingsregels in de decision grid chart (fase 2) biedt vooral in een interaktief systeem het voordeel dat steeds regels kunnen worden gewijzigd of weggelaten. In de beslissingstabel zijn deze aktie-gerichte uitdrukkingen immers niet meer expliciet aanwezig en dus ook niet aanpasbaar. De werkwijze van de decision grid chart wordt beschreven in (MAES [ 1 ] ). Het samentrekkingsproces (fase 4) en het afdrukken van de tabel (fase 5) werden behandeld in (VANTHIENEN [ 3 ] ) resp. (VANTHIENEN [ 4 ] ), zodat hier enkel fase 3, het opstellen van de beslissingstabel, nadere detaillering vereist.

Ter illustratie wordt hier eerst een uitwerking gegeven van de diverse fasen :

Stel bijvoorbeeld als uitgangspprocedure :

"De korting wordt toegekend indien het een bestelling tussen 1.000 BF en 10.000 BF betreft, afkomstig van een trouwe klant, of indien het bedrag van de bestelling 10.000 BF overtreft. In dit laatste geval wordt de bestelling gratis thuisgeleverd."

fase 1 : logische uitdrukkingen

konditie 1 : bedrag bestelling ( $< 1000$ ,  $\geq 1000 - \leq 10000$ ,  $> 10000$ )

konditie 2 : trouwe klant (Y, N)

aktie 1 : korting wordt toegekend

aktie 2 : gratis levering

1  $\leftarrow$  (1b en 2a) of 1c

2  $\leftarrow$  1c

fase 2 : decision grid chart

aktie	1	1	2
konditie 1	b	c	c
konditie 2	a	-	-

fase 3 : lege tabel

konditie 1	aa	bb	cc
konditie 2	ab	ab	ab
aktie 1	--	--	--
aktie 2	--	--	--

geëkspandeerde tabel :

konditie 1	aa	bb	cc
konditie 2	ab	ab	ab
aktie 1	--	X-	XX
aktie 2	--	--	XX

fase 4 : samengetrokken tabel :

konditie 1	a	b	b	c
konditie 2	-	a	b	-
aktie 1	-	X	-	X
aktie 2	-	-	-	X

fase 5 : afgedrukte tabel

bedrag bestelling ?	< 1000	$\geq 1000 - \leq 10000$		> 10000
trouwe klant ?	-	Y	N	-
korting toegekend	-	X	-	X
gratis levering	-	-	-	X

## 2. OPLOSSINGSMETHODE

In (VANTHIENEN [3] p.4) werd er reeds op gewezen dat voor het omzetten van de decision grid chart naar de samengetrokken beslissingstabel de omweg van de geëkspandeerde beslissingstabel vereist is. Rechtstreekse omzettingen algoritmen hebben allen het nadeel dat ze ofwel suboptimale tabellen afleveren, ofwel tabellen genereren die niet naar van boven maar onder kunnen gelezen worden, ofwel veel geheugenruimte gebruiken, ofwel veel tijd nodig hebben, ofwel meer dan één van deze gebreken vertonen.

Het probleem beperkt zich dus tot het omzetten van de decision grid chart in de geëkspandeerde beslissingstabel. Dit probleem valt uiteen in twee componenten, nl. het opstellen van de lege beslissingstabel, en het invullen van de akties in de betreffende tabelkolommen.

### 2.1. Opstelling van de lege beslissingstabel

Opstelling van de lege beslissingstabel houdt in dat het konditiegedeelte van een geëkspandeerde beslissingstabel wordt gegenereerd, zodanig dat elke kolom een unieke combinatie van de konditietoestanden weergeeft. Het totaal aantal mogelijkheden (kolommen) is het produkt van het aantal toestanden per konditie. De kolommen worden, volgens konventie, zodanig gerangschikt dat de onderste kondities het snelst variëren.

Voor 3 kondities met resp. 2, 3 en 2 toestanden ziet de lege geëkspandeerde beslissingstabel er als volgt uit : (fig 1).

konditie 1	11	11	11	22	22	22
konditie 2	11	22	33	11	22	33
konditie 3	12	12	12	12	12	12

Fig. 1.

Indien het aantal kondities onveranderlijk is (bv. 3) komt de opstelling neer op het uitvoeren van een aantal geneste loops :

```

for waarde 1 = 1 TO aantal toestanden van konditie 1
  for waarde 2 = 1 TO aantal toestanden van konditie 2
    for waarde 3 = 1 TO aantal toestanden van konditie 3
      kolom bestaat uit waarde 1, waarde 2, waarde 3
    endfor
  endfor
endfor

```

Deze procedure zorgt er voor dat alle waarden worden gegenereerd, beginnend van (1,1,1), door de laagst mogelijke konditie met 1 te verhogen en de eropvolgende kondities terug op 1 te beginnen.

Indien het aantal kondities veranderlijk is, zoals in PRODEMO, wordt ook het aantal geneste loops variabel zodat deze methode niet meer toepasbaar is (1).

Daarom wordt volgende methode gebruikt :

- De eerste kolom is (1,1, ... 1)
- Elke kolom wordt gevormd door bij de vorige, de laagst mogelijke konditie die de hoogste konditietoestand nog niet heeft bereikt, met 1 te verhogen en de eropvolgende kondities terug te beginnen met de eerste toestand
- Indien alle kondities de hoogste toestand hebben bereikt, zijn alle kolommen gegenereerd.

## 2.2. Invullen van de akties

Het invullen van de akties komt in grote lijnen neer op het vergelijken van elke gridkolom met alle konditiekombinaties van de geëkspandeerde beslissings-tabel. Indien alle konditietoestanden overeenkomen (d.i. gelijk of irrelevant zijn), is de kolom van de decision grid chart van toepassing op de tabelkolom. In dit geval wordt de betreffende aktie aangekruist (of wordt de kolom aangeduid als onmogelijk).

Op deze algemene regel worden 3 versnellingsfactoren toegepast :

1. Indien de toestand van een konditie uit de gridkolom relevant is (d.w.z. indien een bepaalde waarde a,b,c,... wordt aangegeven) en indien deze

---

(1) Gebruikmaking van recursieve procedures biedt hier de oplossing, doch deze mogelijkheid is niet aanwezig m.b.t. PRODEMO.



waarde verschillend is van de overeenkomstige toestand uit de tabelkolom, bezitten deze kolommen geen gemeenschappelijke combinaties, zodat de volgende (lager gelegen) kondities niet meer moeten vergeleken worden.

2. Indien twee kolommen geen gemeenschappelijke combinaties hebben, zullen de volgende kolommen die ook niet hebben, tenzij de konditie(s) die verantwoordelijk is (zijn) voor dit verschil een andere waarde aanneemt (aannemen). Daarom wordt onmiddellijk een aantal kolommen overgeslagen tot waar de eerste verschillende konditie een nieuwe waarde aanneemt. De grootte van de sprong (konditiebreedte genoemd) is dan gelijk aan het verschil tussen de opeenvolgende toestanden van een zelfde konditie, d.i. het produkt van het aantal toestanden van de onderliggende kondities :

$$k_{\text{breed}}(k) = \prod_{i=k+1}^{k_{\text{num}}} \text{aantal toestanden van konditie } i$$

Het is duidelijk dat de grootte van de sprong toeneemt met de hoogte van de konditie, zodat het efficiënt is hiervoor de hoogste verschillende konditie te gebruiken.

Stel bijvoorbeeld volgende grid chart kolom :  
die een vertaling is van de regel 1 + 1b en 2b

1
2
2
-

De geëkspandeerde beslissingstabel ziet er uit als volgt :

① 1	1 1	1 1	② 2	②②	2 2
1 1	2 2	3 3	1 1	②②	3 3
1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2

kolom    1 2    3 4    5 6    7 8    9 10 11 12

Fig. 2.

De grid chart kolom wordt eerst vergeleken met de eerste tabelkolom, de eerste konditiewaarde is verschillend, de overige kondities moeten dus niet meer nagekeken worden (versnellingsfaktor 1). Er kan dus worden gesprongen tot waar konditie 1 waarde 2 aanneemt (versnellingsfaktor 2). De afstand bedraagt het produkt van het aantal toestanden van konditie 2 en 3, d.i.  $3 \times 2 = 6$ . De volgende kolom wordt dus  $1 + 6 = 7$ . Vermits konditie 2 ook de waarde 2 moet aannemen, wordt weer verder gesprongen tot  $7 + 2 = 9$ . Deze kolom, evenals kolom 10, beantwoordt aan de kolom van de grid chart.

3. Een kolom uit de decision grid chart kan slechts overeenkomen met een welbepaald aantal tabelkolommen, d.i. de zogenaamde expansiebreedte van de grid chart kolom. De expansiebreedte van een kolom is het produkt van het aantal toestanden van die kondities die in de kolom als irrelevant zijn aangeduid :

$$\text{ekspansiebreedte} = \prod_{\substack{\forall \text{kondities } k \\ \text{met waarde "-"}}} \text{aantal toestanden van } k$$

De expansiebreedte, m.a.w. het aantal tabelkolommen waarin een grid chart kolom kan worden gesplitst, varieert van 1 (geen "-") tot de volledige tabelbreedte (allemaal "-").

Zo is voor volgende grid chart kolom (met aantal toestanden = 2,3,2,2) de expansiebreedte gelijk aan 6 :

2	=	2	2	2	2	2	2
-		1	1	2	2	3	3
-		1	2	1	2	1	2
1		1	1	1	1	1	1

Fig. 3.

Indien bij het invullen van de akties het aantal overeenstemmende tabelkolommen (d.w.z. kolommen die voldoen aan de grid chart kolom) gelijk is geworden aan de expansiebreedte van de grid chart kolom, hoeft niet verder te worden gezocht, vermits er geen andere overlappings meer kunnen zijn (voor die bepaalde grid kolom).

### 3. BESCHRIJVING VAN HET ALGORITME

#### 3.1. Structuur van het algoritme

De twee grote delen (opstelling van de lege tabel, invullen van de akties) worden voorafgegaan door een initialisatie waarin de breedte van de tabel en van elke konditie wordt berekend. De tabelbreedte (het aantal kolommen in de tabel) is het produkt van het aantal toestanden van alle kondities, de breedte van een konditie is het produkt van het aantal toestanden van de onderliggende kondities. Deze zogenaamde konditiebreedte is het aantal opeenvolgende kolommen dat dezelfde toestand aanneemt voor de gegeven konditie.

De opstelling van de lege beslissingstabel vertrekt van de eerste kolom die bestaat uit de eerste konditiewaarden. Voor elke volgende kolom wordt van onder tot boven die toestand die nog niet zijn maximum bereikt heeft, met 1 verhoogd. De kondities die erboven liggen blijven onveranderd, die eronder vertrekken terug van de eerste toestand.

Bij het invullen van de akties wordt elke kolom van de decision grid chart vergeleken met de tabelkolommen, rekening houdend met de 3 versnellingsfactoren. Hiertoe wordt eerst de expansiebreedte berekend. Indien er een overlapping is tussen de tabelkolom en de grid chart kolom wordt de betreffende aktie ondernomen. Indien er geen overlapping is, wordt een sprong naar een volgende tabelkolom gemaakt ter grootte van de konditiebreedte. En dit alles binnen de grenzen van de expansiebreedte. In grote lijnen ziet het algoritme er dus als volgt uit : (fig. 4).

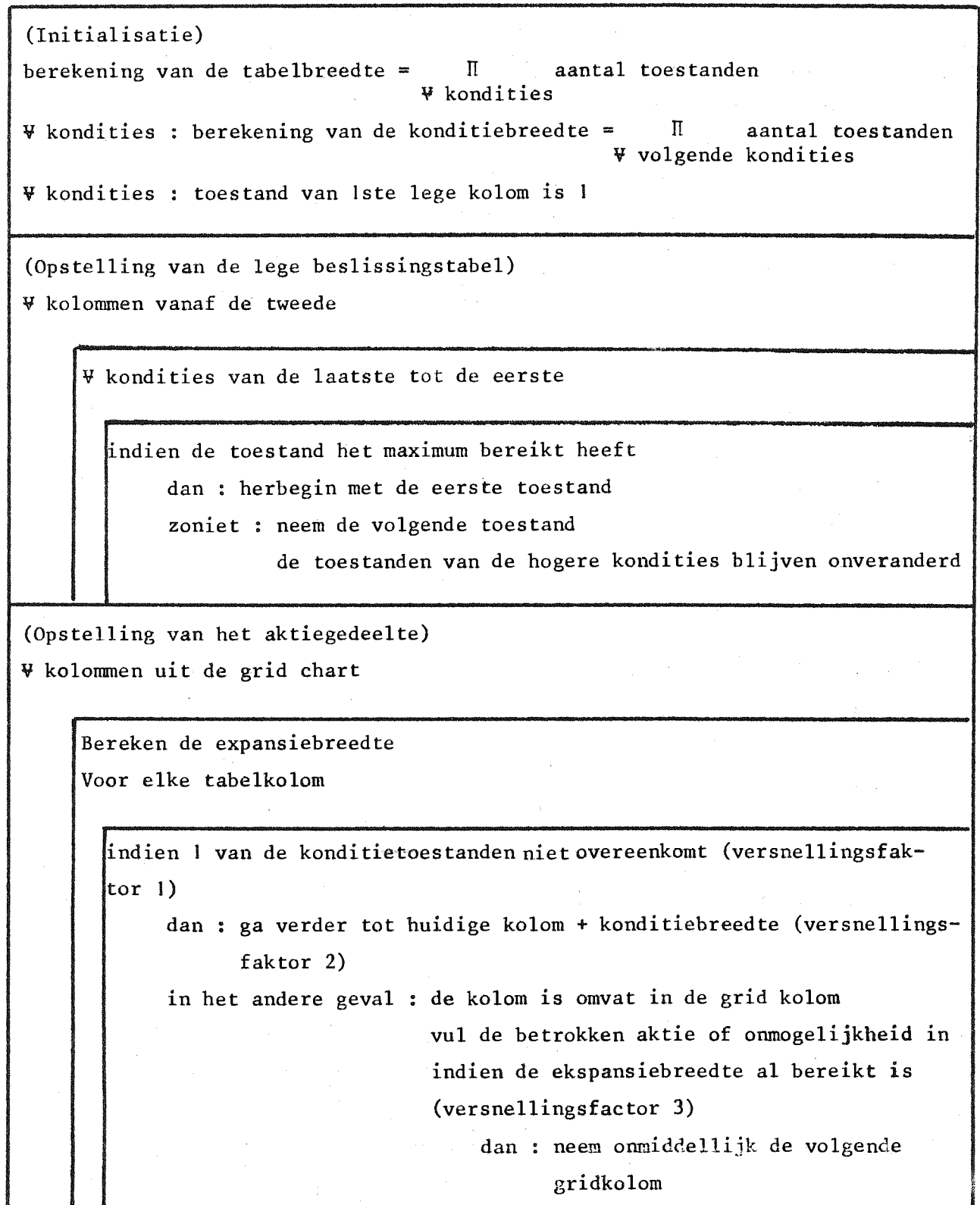


Fig. 4 : Algemene structuur van het algoritme.

### 3.2. Beschrijving van de variabelen

Bij de omzetting van de grid chart naar de geëxpandeerde beslissingstabel zijn volgende elementen gekend :

knum : aantal kondities  
 anum : aantal akties  
 statnum(kond) : aantal toestanden per konditie  
 gnum : aantal kolommen in de grid chart  
 grid(1,gkol)...grid(knum,gkol) : toestanden van de kondities (1.. knum)  
                   in gridkolom gkol  
 ga(gkol) : aktie in gridkolom gkol  
           (= 0 indien kolom onmogelijk is)

Door het algoritme moeten volgende resultaten worden bekomen :

tbreed : aantal tabelkolommen  
 tk(1,tkol)...tk(knum,tkol) : toestanden van de kondities in tabelkolom  
                                   tkol  
 ta(1,tkol)...tk(anum,tkol): aktie-ingangen in tabelkolom tkol  
 ti(tkol) : (on)mogelijkheid van kolom tkol (= 1 indien onmogelijk)

Bij de berekening wordt eveneens gebruik gemaakt van :

kbreed(kond) : konditiebreedte van konditie kond  
 expansie : expansiebreedte van een bepaalde gridkolom  
 overeenkomst : aanduiding of een bepaalde gridkolom en een bepaalde  
                   tabelkolom overeenstemmen (Y/N)

### 3.3. Opstelling van de lege tabel

#### Initialisatie

Op nul stellen van de variabelen

tbreed:=1

for kond:=knum,1,-1

    tk(kond,1):=1

    kbreed(kond):=tbreed

    tbreed:=tbreed \* statnum(kond)

end for

#### Konstruktie van het konditiegedeelte

for tkol:=2,tbreed

    tk(1,tkol)...tk(knum,tkol):=tk(1,tkol-1)...tk(knum,tkol-1)

    for kond:=knum,1,-1

        if tk(kond,tkol) < statnum(kond)

            then tk(kond,tkol):=tk(kond,tkol)+1

                kond:=1

            else tk(kond,tkol):=1

        end if

    end for

end for

Fig. 5.

### 3.4. Konstruktie van het aktiegedeelte

Invullen van de akties

```

for gkol:=1,gnum
    ekspansie:=1
    for kond:=1,knum
        if grid (kond,gkol)=0 ("-")
            then ekspansie:=ekspansie x statnum(kond)
        end if
    end for

    for tkol:=1,tbreed
        overeenkomst:='yes'
        for kond:=1,knum
            if grid (kond,gkol)≠0 and grid(kond,gkol)≠tk(kond,tkol)
                then tkol:=tkol+kbreed(kond)-1
                    kond:=knum
                    overeenkomst:='no'
            end if
        end for
        if overeenkomst='yes'
            then if ga(gkol)>0
                    then ta(ga(gkol),tkol):=1
                    else ti(tkol):=1
                end if
            ekspansie:=ekspansie-1
            if ekspansie=0
                then tkol:=tbreed
            end if
        end if
    end for
end for

```

Fig. 6.

#### 4. UITGEWERKT VOORBEELD

Ter illustratie hernemen wij het voorbeeld uit sectie 1, met als beslissingsregels :

1  $\leftarrow$  (1b en 2a) of 1c

2  $\leftarrow$  1c

De decision grid chart werd gegeven door :

aktie	1	1	2
konditie 1	b	c	c
konditie 2	a	-	-

en mathematische notatie :

aktie	1	1	2
konditie 1	2	3	3
konditie 2	1	0	0

Na initialisatie en opstelling van de lege tabel, ziet de beslissingstabel er als volgt uit :

kond.1	11	22	33
kond.2	12	12	12
aktie 1	00	00	00
aktie 2	00	00	00



met : tabelbreedte = 6  
 konditiebreedte(1) = 2  
 konditiebreedte(2) = 1

Invullen van de eerste gridkolom :

ekspansiebreedte = 1

Na vergelijking met de eerste konditie van tabelkolom 1, wordt onmiddellijk verder gesprongen naar kolom 3. Deze kolom komt overeen, actie 1 wordt aangeduid en vermits de expansiebreedte uitgeput werd, is de verwerking voor deze gridkolom beëindigd.

Invullen van de tweede gridkolom :

ekspansiebreedte = 2

De gridkolom wordt eerst vergeleken met kolom 1, vervolgens met kolom 3, en dan met kolom 5 waar een overeenkomst wordt gevonden. Actie 1 wordt ingevuld en vermits de expansiebreedte 2 is, gebeurt hetzelfde voor kolom 6.

Invullen van de derde gridkolom :

ekspansiebreedte = 2

De procedure verloopt identiek als voor de tweede gridkolom, zodat nu actie 2 wordt ingevuld in kolom 5 en 6.

Hierna ziet de beslissingstabel er dus als volgt uit :

kond.1	11	22	33
kond.2	12	12	12
actie 1	00	10	11
actie 2	00	00	11

Na samentrekking en invulling van de betreffende namen (cfr. VANTHIENEN [3] en [4]) wordt de uiteindelijke beslissingstabel bereikt :

bedrag bestelling ?	< 1000	$\geq 1000 - \leq 10000$		> 10000
trouwe klant ?	-	Y	N	-
korting toegekend	-	X	-	X
gratis levering	-	-	-	X

BIBLIOGRAFIE

- [ 1 ] MAES, R., Bijdrage tot een kritische herwaardering van de beslissings-  
tabellentechniek, Doktoraatsthesis, Fak. Toegepaste Wetenschappen,  
K.U. Leuven, 1981, 397pp.
- [ 2 ] MAES, R., VANTHIENEN, J., PRODEMO : Computer-ondersteund ontwerp en  
gebruik van beslissingstabellen, Tijdschrift voor Economie en Manage-  
ment, Vol. 26, Nr. 3, 1981, p. 301-335.
- [ 3 ] VANTHIENEN J., An algorithm for the optimal contraction of top-down  
readable decision tables with given condition order, Departement  
voor Toegepaste Economische Wetenschappen, K.U. Leuven, Onderzoeks-  
rapport nr. 8210, 1982, 28pp.
- [ 4 ] VANTHIENEN, J., A dynamic programming algorithm for displaying decision  
tables, Departement voor Toegepaste Economische Wetenschappen,  
K.U. Leuven, Onderzoeksrapport nr. 8006, 1980, 30 pp.
- [ 5 ] VERHELST, M., De praktijk van beslissingstabellen, Kluwer, Deventer -  
Antwerpen, 1980, 175 pp.